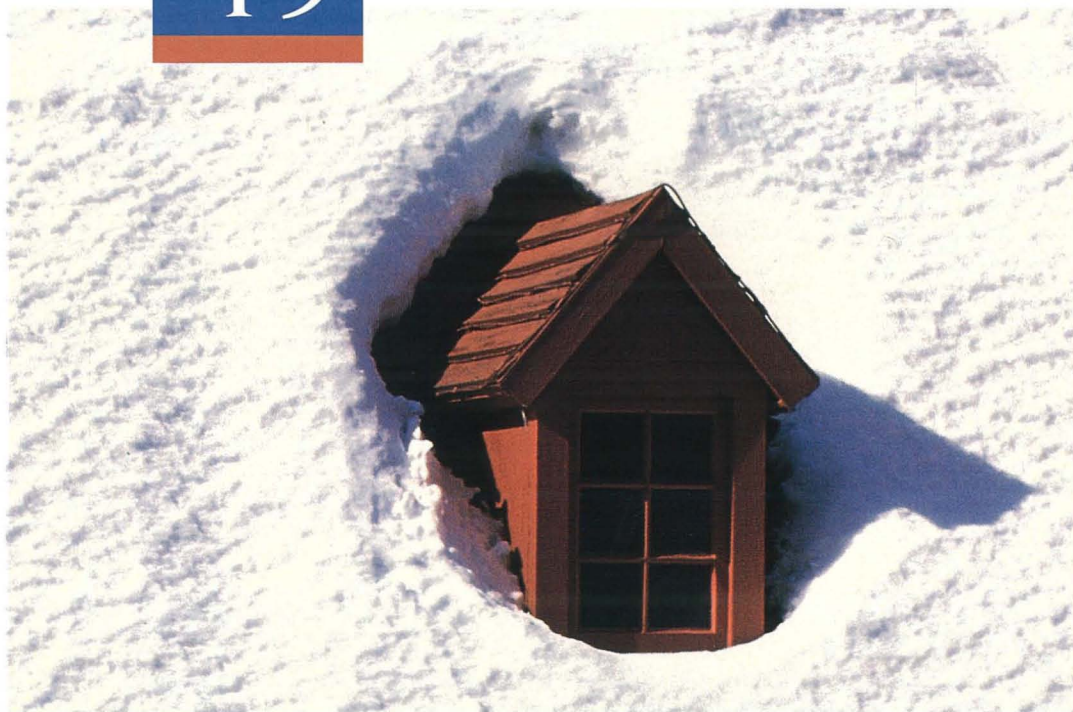


guide
technique

15

L'isolation



MAÎTRE
D'OEUVRE



Table des matières

<i>Historique</i>	3
<i>Terminologie</i>	5
<i>Une stratégie d'isolation</i>	8
<i>L'inspection</i>	10
<i>La toiture</i>	13
<i>Les murs</i>	17
<i>Le sous-sol</i>	20
<i>Conclusion et bibliographie</i>	23

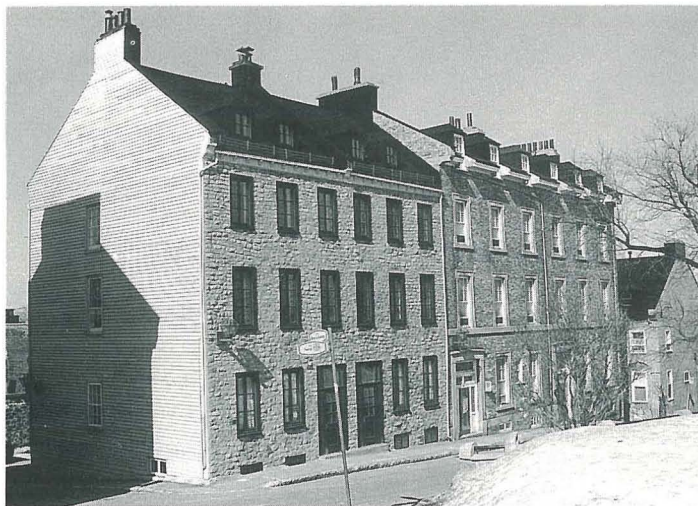
Historique

La rigueur du climat québécois a exercé de tout temps une influence prépondérante sur la forme et sur les techniques de construction des bâtiments. L'examen attentif des maisons anciennes permet en effet de constater que leurs constructeurs ont constamment cherché à développer des méthodes d'isolation plus efficaces.

L'orientation des façades, la dimension des ouvertures, le profil des toitures et la disposition des pièces à l'intérieur des habitations sont déterminés de manière à tirer un avantage maximum de l'ensoleillement, à minimiser l'exposition aux vents dominants et à repousser la pluie ou la neige loin des murs. En été, la présence d'arbres feuillus autour des constructions les protège du soleil, alors qu'en hiver des conifères leur servent d'écran contre les rafales de vent et de neige. Enfin, un ensemble de mesures saisonnières, comme l'ajout de porches amovibles et l'usage de contreportes, de contre-fenêtres ou de volets, permettent de réduire les pertes de chaleur et de diminuer les infiltrations d'air pendant la saison froide.

Les constructions en maçonnerie de pierre

Du début de la colonie jusqu'à la fin du XIX^e siècle, les bâtiments sont généralement faits de murs épais en maçonnerie de pierre. En hiver, ces murs massifs empêchent l'air froid de s'infiltrer dans le bâtiment et la chaleur de s'en échapper trop rapidement. Inversement, en été, ils retiennent l'air frais à l'intérieur du bâtiment et la chaleur à l'extérieur. De plus, ces masses de pierre em-



(Pierre Frisko)

magasinent une grande quantité de la chaleur du soleil durant le jour et la libèrent pendant la nuit.

Les murs exposés aux intempéries et aux vents violents sont généralement pourvus d'un revêtement fait de planches de bois ou de bardeaux de cèdre qui agit comme coupe-vent. Du côté intérieur, on en calfeutre les joints avec de l'étoupe et on les lambrisse parfois de planches ou de boiseries à panneaux.

Les murs creux en brique

À partir du XIX^e siècle, on utilise de plus en plus en milieu urbain la technique de construction des murs creux en brique. Cette technique demeure populaire jusqu'au milieu du XX^e siècle. Un mur creux en brique est habituellement formé de deux parois de maçonnerie séparées par un espace et maintenues par des briques en boutisse ou par des attaches de métal. Ce type de mur fait entre 300 et 380 mm (12 à 15 po) d'épaisseur et sa résistance thermique est considérée comme étant relativement bonne.

Les bâtiments en pierre possèdent une bonne masse thermique. Les murs les plus exposés aux intempéries sont souvent protégés par un revêtement de bois.

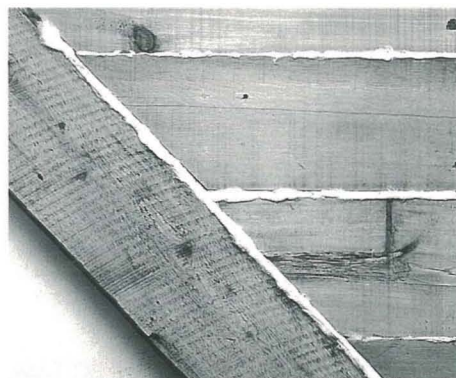
Les constructions en bois

Il existe trois principaux modes d'assemblage des constructions en bois. L'assemblage dit « en pièce sur pièce », surtout utilisé avant le XIX^e siècle, est constitué de pièces de bois mesurant jusqu'à 200 mm (8 po) d'épaisseur qui sont superposées. Les interstices entre les pièces de bois sont généralement remplis d'étope. À partir de la seconde moitié du XIX^e siècle, on utilise plutôt des madriers de 75 mm (3 po) d'épaisseur qui sont posés les uns sur les autres entre des poteaux. L'écorce de cèdre sert alors à calfeutrer les interstices entre les madriers. Vers le milieu du XX^e siècle, les murs de bois sont plutôt assemblés selon la méthode dite à « charpente claire ». Ce type de mur est composé d'une ossature de bois dont les membrures verticales, ou colombages, sont disposées à intervalle régulier. On emploie d'abord de la sciure de bois comme matériau isolant pour combler les vides entre les colombages. À partir des années 1930, la laine minérale, inventée aux États-Unis en 1870, remplace graduellement la sciure de bois.

L'évolution des matériaux isolants

Divers matériaux naturels tels que la sciure de bois, la terre, le sable et l'écorce des arbres sont longtemps utilisés pour isoler les murs, les planchers et les toitures. En milieu urbain, certains résidus industriels, comme le mâchefer et le charbon, sont également employés à l'occasion. Il en est de même du papier journal et des copeaux de bois récupérés sur les chantiers d'abattage.

Dans les charpentes en pièce sur pièce ou en madriers, les interstices entre les pièces de bois sont généralement bourrés d'étope.



(Pierre Frisfo)

À partir de la seconde moitié du XX^e siècle, un large éventail de nouveaux matériaux isolants fait son apparition sur le marché, comme les laines de coton, de roche (laine minérale) ou de verre, les panneaux rigides de polyuréthane ou de polystyrène, et les mousses de polyuréthane ou d'uréformol. Ces matériaux isolants naturels ou synthétiques améliorent de façon notable le rendement énergétique des bâtiments.

Au cours des dernières années, des matériaux isolants plus légers et de plus en plus performants, alliés à de nouvelles techniques de construction, ont permis de mettre au point des méthodes d'isolation thermique d'une efficacité sans précédent. De plus, la mise en marché de papiers et de membranes pare-vapeur en aluminium, en polyéthylène ou en goudron a contribué à améliorer considérablement l'étanchéité de l'enveloppe des bâtiments et, de ce fait, leur rendement énergétique.

Matériaux isolants

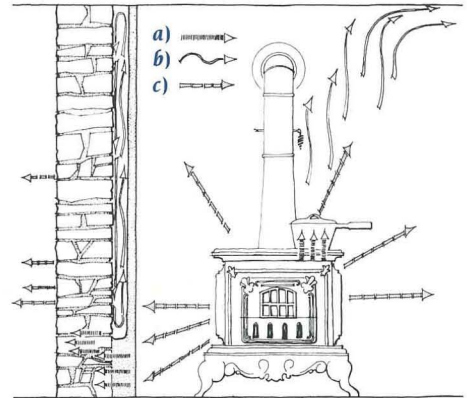
L'isolation a pour fonction première de diminuer les pertes de chaleur à travers l'enveloppe d'un bâtiment. Pour obtenir une isolation efficace, il faut intégrer à l'enveloppe du bâtiment un matériau qui emprisonne l'air dans de minuscules alvéoles, l'air étant en fait un mauvais conducteur de chaleur. Ce matériau, l'isolant, réduit donc les pertes de chaleur par conduction. De plus, les matériaux de l'enveloppe doivent être étanches à l'air et à l'eau afin de minimiser les pertes de chaleur par convection.

Pour bien comprendre comment agissent les matériaux isolants, il faut savoir que la chaleur se déplace toujours d'un point chaud vers un point froid selon trois modes principaux de transmission :

- 1) **Par conduction** : la chaleur se transmet d'une molécule à une autre dans un même objet, ou d'un objet à un autre par contact.
- 2) **Par convection** : la chaleur se transmet par le mouvement d'une substance gazeuse comme l'air, ou liquide comme l'eau.
- 3) **Par rayonnement** : la chaleur se transmet sans support physique, par radiations ou par ondes, à partir d'une source d'émission.

Illustration des principaux modes de transmission de chaleur

- a) **Conduction**
- b) **Convection**
- c) **Rayonnement**



Résistance thermique

La résistance thermique est la mesure du degré de résistance d'un matériau à la transmission de chaleur. Plus la valeur de résistance du matériau est élevée, moins la chaleur peut le traverser.

Les matériaux isolants sont généralement fabriqués et vendus d'après leur valeur de résistance thermique, appelée la valeur R. La valeur R est aussi exprimée en valeur RSI, soit la valeur en unités du système métrique international (consulter le tableau 1). Le calcul de la valeur R totale d'un mur extérieur est fonction du type et de l'épaisseur des différents matériaux qui le composent. Ainsi, pour calculer la résistance thermique d'un mur, il faut déterminer la valeur R de chacune de ses composantes, multiplier cette valeur par l'épaisseur de la composante, puis faire la somme de ces produits.

Les valeurs de résistance thermique recommandées pour des constructions neuves apparaissent au tableau 2, à titre indicatif. On ne peut cependant appliquer intégralement ces recommandations aux bâtiments anciens dont la composition d'ensemble et

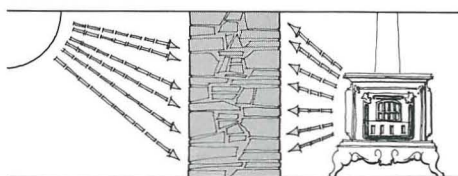
TABLEAU I
**Résistance thermique des principaux matériaux
de construction et des isolants.**

À moins que l'épaisseur du matériau soit indiquée entre parenthèses, la valeur RSI est donnée par millimètre d'épaisseur et la valeur R par pouce d'épaisseur.

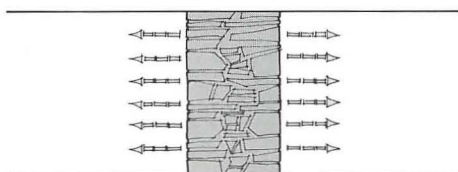
les matériaux sont très différents de ceux qu'on retrouve dans les constructions neuves.

Masse thermique

Les murs de maçonnerie emmagasinent la chaleur durant le jour et la relâchent graduellement pendant la nuit. On désigne cette propriété comme la masse thermique d'un mur. Pour établir la résistance thermique exacte d'un mur de maçonnerie ancienne, il faudrait pouvoir tenir compte de l'action combinée de certains facteurs de correction, notamment celui qui a trait à sa masse thermique.



A) Jour



B) Nuit

Les murs de maçonnerie ont la propriété d'accumuler la chaleur pendant la journée et de la libérer durant la nuit.

Matériaux de construction	Valeur RSI	Valeur R
Béton	0,02	0,10
Blocs de béton (200 mm - 8")	0,20	1,11
Brique	0,04	0,20
Pierre (sable ou chaux)	0,15	0,88
Bois mou	0,22	1,25
Bois dur	0,16	0,91
Bardeaux de bois (19 mm - 3/4")	0,18	1,05
Gypse (panneau 12,5 mm - 1/2")	0,08	0,45
Plâtre et lattes	0,07	0,40
Contreplaqué (25 mm - 1")	0,22	1,25
Contreplaqué (19 mm - 3/4")	0,17	0,94
Espace d'air (25 mm - 1")	0,15	0,85
Matériaux isolants		
	Valeur RSI	Valeur R
Copeaux de bois		
• en vrac	0,43	2,44
Fibres cellulosiques		
• en vrac	0,60	3,38
Vermiculite		
• en vrac	0,35 à 0,44	2,0 à 2,5
Perlite		
• en vrac	0,44 à 0,48	2,5 à 2,75
Laine minérale		
• en vrac	0,37 à 0,62	2,1 à 3,5
• en nattes (matelas)	0,51 à 0,70	2,9 à 4,0
Fibre de verre isolante		
• en vrac	0,42 à 0,62	2,4 à 3,5
• en nattes (matelas)	0,51 à 0,70	2,9 à 4,0
• en panneau	0,70 à 0,74	4,0 à 4,2
Polystyrène		
• en panneau moulé (bleu)	0,76 à 0,88	4,3 à 5,0
• en panneau expansé (blanc)	0,60 à 0,74	3,4 à 4,2
Polyuréthane		
• en panneau	0,88 à 1,06	5,0 à 6,0
• en mousse	0,83 à 0,88	4,7 à 5,0

Note: Les valeurs isolantes varient selon la densité du matériau.

Pare-vapeur

Le pare-vapeur est une membrane qui sert à empêcher l'humidité, c'est-à-dire la vapeur d'eau contenue dans l'air des pièces chauffées, de s'infiltrer dans les murs, le sous-sol et l'entretoit, et de se condenser au contact de l'air froid provenant de l'extérieur. Le pare-vapeur le plus répandu est constitué d'une mince membrane de polyéthylène. Il existe également des matelas isolants faits de laine minérale ou de fibre de verre qui sont déjà munis d'une membrane pare-vapeur sur une de leurs faces.

Ventilation

Malgré tout le soin qu'on peut apporter à la pose du pare-vapeur, il arrive que l'humidité puisse s'infiltrer à l'intérieur des murs, dans le sous-sol ou dans l'entretoit. Il faut évacuer ce surplus d'humidité vers l'extérieur en installant des événements au bas et au haut de la toiture et des murs, de même que des soupiriaux dans le sous-sol pour permettre une circulation d'air frais. Une bonne ventilation de l'enveloppe d'un bâtiment est essentielle non seulement pour protéger la structure contre la pourriture, mais aussi pour maintenir la résistance thermique des matériaux isolants.

TABLEAU 2

Résistance thermique totale recommandée par la Loi sur l'économie d'énergie dans les nouveaux bâtiments

Composantes de l'enveloppe	Valeur RSI	Valeur R
Toiture	5,6	32
Mur, autre qu'un mur de fondation	3,6	20
Mur de fondation	2,2	12
Plancher au-dessus d'un espace non chauffé	4,7	27

Calfeutnants et coupe-froid

Les calfeutnants et les coupe-froid sont utilisés pour sceller les fissures et les joints à l'intersection des murs et des planchers ou dans le périmètre des portes et des fenêtres. Les calfeutnants sont employés pour sceller les fentes et boucher les trous entre deux surfaces fixes. On trouve sur le marché des pâtes à calfeutrer à base de latex ou de butyle. On utilise les coupe-froid pour fermer les interstices à la rencontre de deux surfaces dont l'une au moins est mobile, comme dans le cas des portes et des fenêtres. On estime qu'une fenêtre munie d'un coupe-froid bien choisi et bien posé laisse échapper environ cinq fois moins d'air chaud qu'une fenêtre qui en est dépourvue.

Une stratégie d'isolation

Le principe fondamental d'une stratégie d'isolation d'un bâtiment ancien consiste à identifier et à choisir les interventions qui contribueront à maintenir ou à rétablir le caractère historique et la valeur architecturale du bâtiment. Avant d'entreprendre des travaux d'isolation, il est donc important d'en évaluer soigneusement les incidences tant sur le décor intérieur que sur l'aspect extérieur de la maison.

Il est conseillé d'opter pour des mesures faciles à appliquer mais efficaces. On se rendra compte que ce sont souvent celles qui s'avèrent les moins coûteuses et qui maintiennent les qualités architecturales du bâtiment.

Dans cet esprit, on doit chercher à améliorer les conditions d'isolation là où les pertes de chaleur sont les plus importantes. Il a été démontré que les pertes de chaleur se produisent surtout le long des portes et des fenêtres et par les cheminées, ce qui constitue environ 50 % des pertes totales. Les pertes de chaleur par le grenier, par l'entretoit et par le toit représentent entre 20 % et 25 % des pertes totales, celles par les murs environ 15 %, et celles par le sous-sol entre 10 % et 15 %.

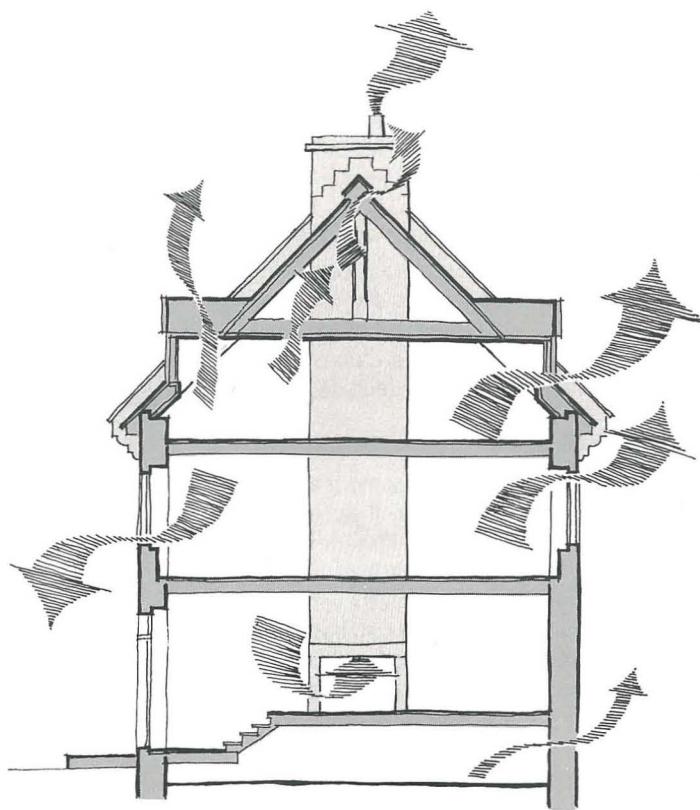





Illustration des sources de pertes de chaleur dans un bâtiment ancien.

-  50 % Portes, fenêtres, cheminées
-  20 à 25 % Entretoit
-  10 à 15 % Sous-sol
15 % Murs extérieurs

Il est donc normal de chercher à améliorer en tout premier lieu l'isolation et l'étanchéité des portes, des fenêtres et des cheminées dont la résistance thermique est très faible. On peut y arriver en procédant à la pose de coupe-froid ou encore en ajoutant des contre-fenêtres et des contre-portes. Il faut aussi s'assurer que chaque conduit de cheminée est muni d'un registre bien étanche. En second lieu, il est conseillé d'isoler adéquatement les combles ou l'entretoit, ainsi que le sous-sol ou le vide sanitaire. Ce n'est qu'en dernier recours qu'on doit envisager l'isolation des murs, car cette intervention risque de modifier considérablement le caractère du bâtiment. De plus, l'isolation des murs implique généralement des travaux complexes et coûteux qui ne garantissent pas nécessairement une amélioration appréciable du rendement énergétique du bâtiment.

TABLEAU 3
Mesures d'isolation pour économiser l'énergie

Interventions simples et peu coûteuses qui peuvent être réalisées assez facilement par le propriétaire et risquent peu d'altérer le caractère du bâtiment.

1. Poser des coupe-froid aux portes et aux fenêtres.
2. Calfeutrer les joints autour du cadre des portes et des fenêtres, à l'intérieur comme à l'extérieur.
3. Calfeutrer les joints et les fissures dans les plinthes et les corniches tant à l'intérieur qu'à l'extérieur.
4. Poser des contre-fenêtres et des contre-portes.
5. Installer des volets intérieurs aux fenêtres.

Interventions simples exigeant un déboursé moyen et nécessitant l'expertise d'un professionnel.

1. Remplacer les fenêtres endommagées.
2. Isoler les combles et prévoir une ventilation adéquate.
3. Isoler le vide sanitaire (sous-sol) et prévoir une ventilation adéquate.
4. Installer un registre étanche dans les conduits de cheminée des foyers.
5. Aménager le terrain: plantation d'arbres, d'arbustes et de haies aux endroits susceptibles de protéger la maison du soleil en été et du vent en hiver.

Interventions souvent complexes et coûteuses qui nécessitent l'expertise d'un professionnel et qui risquent d'altérer considérablement le caractère du bâtiment ou d'endommager sa structure.

1. Isoler les murs par l'intérieur ou par l'extérieur.
 2. Isoler la toiture par l'extérieur.
 3. Isoler les murs de fondation par l'extérieur.
-

Avant d'entreprendre des travaux d'isolation dans un bâtiment ancien, il convient de bien l'inspecter et de dresser un bilan de son rendement énergétique global. L'inspection doit d'abord servir à évaluer le rendement thermique de chacune de ses composantes. Elle doit ensuite permettre de localiser toutes les sources importantes de déperdition de chaleur. En cours d'examen, il faut également vérifier l'étanchéité de l'enveloppe et l'efficacité de la ventilation en tentant de déceler toute accumulation d'humidité (par condensation ou infiltration) dans l'entretoit, à l'intérieur des murs ou dans le sous-sol. Enfin, on doit identifier les mesures d'isolation qui semblent les mieux adaptées au contexte du bâtiment, c'est-à-dire celles qui sont susceptibles d'en améliorer le rendement énergétique sans en altérer l'apparence architecturale. Les principaux points à vérifier sont les suivants:

1. L'aménagement du terrain

- Y a-t-il des arbres à proximité du bâtiment?
- S'agit-il de conifères ou de feuillus?
- Ces arbres créent-ils des écrans protégeant la maison des vents dominants?

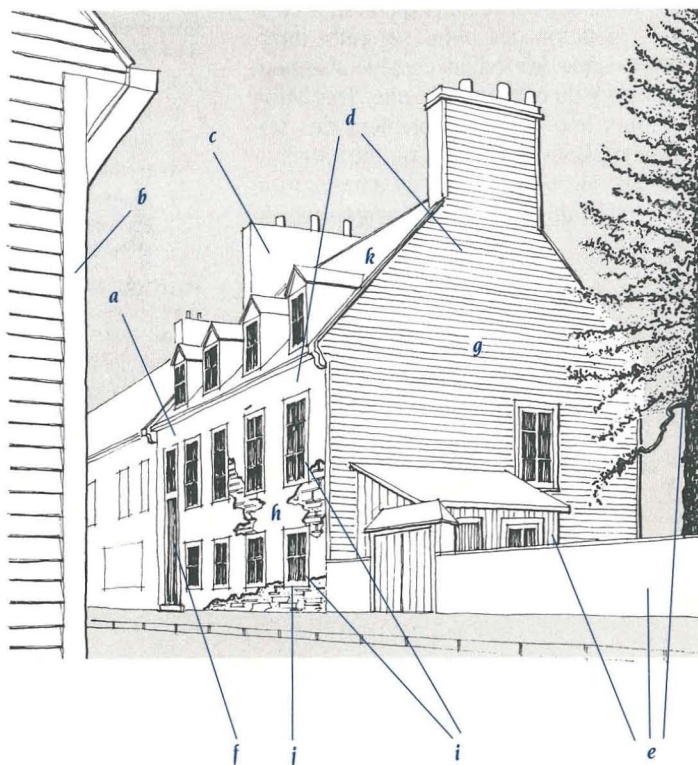
L'aménagement du terrain doit être considéré attentivement car la présence de feuillus, de conifères ou de murs d'enceinte de jardin à proximité du bâtiment peut contribuer à le protéger des intempéries et à améliorer son rendement énergétique.

2. Le bâtiment et son enveloppe

- Le bâtiment est-il exposé aux vents? Quelle est la façade la plus exposée?
- Les fenêtres et les portes sont-elles protégées en hiver par des contre-fenêtres et des contre-portes?
- Les revêtements des murs extérieurs et les joints entre les matériaux sont-ils en bon état?
- La couverture est-elle bien étanche?

Inspection de l'extérieur d'un bâtiment.

(Les lettres renvoient au tableau 4)



La forme et l'orientation des façades doivent être examinées en fonction de leur exposition aux vents dominants et à l'ensoleillement. On note la présence d'une galerie couverte ou encore d'un porche fixe ou amovible qui peut contribuer à diminuer les infiltrations d'air froid en hiver en créant une zone de transition tempérée entre l'intérieur et l'extérieur de la maison. De même, la présence de contrevents, de contre-portes, de contre-fenêtres ou de volets intérieurs aide à réduire les pertes de chaleur et les infiltrations d'air.

Par ailleurs, il faut tenir compte de la distribution et des dimensions des ouvertures ainsi que du type et de l'état des matériaux composant l'enveloppe extérieure du bâtiment. Il est important de vérifier aussi l'étanchéité des joints entre les matériaux de revêtement des murs, entre ces matériaux et les cadres de portes et de fenêtres, de même que l'état de la couverture, l'étanchéité des solins de cheminée et des événements du toit, enfin l'état des fondations et des souterrains du sous-sol.

TABLEAU 4
Inspection de l'extérieur d'un bâtiment
 (Les lettres renvoient à l'illustration) —

Éléments positifs	Éléments négatifs
a) La façade principale, celle qui comporte le plus d'ouvertures, est orientée au sud.	b) Les bâtiments situés de l'autre côté de la rue limitent la durée de l'ensoleillement.
c) Le mur mitoyen avec la maison voisine réduit les pertes de chaleur dans cette direction.	d) Les trois autres façades sont exposées.
e) Le conifère, le mur d'enceinte du jardin et le portique sur la façade nord-est protègent la maison des vents dominants.	f) La porte d'entrée principale n'est pas munie d'une contre-porte ou d'un porche amovible et n'est pas protégée de la pluie ou du vent.
g) Le revêtement de bois du mur-pignon est neuf et en bon état.	h) Le revêtement de crépi de la façade principale est en mauvais état et la pierre ainsi exposée se détériore.
i) Toutes les fenêtres sont munies de contre-fenêtres.	j) L'état du calfeutrant autour des cadres de fenêtres est déficient.
k) La couverture a été bien entretenue et les solins sont neufs.	

3. Les ouvertures

- *Les portes et les fenêtres sont-elles en bon état?*
- *Y a-t-il des pièces défectueuses, des moulures manquantes ou des verres cassés?*
- *Y a-t-il des coupe-froid et le calfeutrant est-il encore en bon état?*
- *Les cheminées sont-elles en bon état et munies de registres efficaces?*

L'inspection porte d'abord sur l'étanchéité des ouvertures. On vérifie la présence de coupe-froid et de calfeutrant autour des portes et des fenêtres, l'état des contre-fenêtres et des contre-portes, du verre et du mastic. On poursuit l'inspection en examinant les foyers et le fonctionnement des registres, normalement situés dans la gorge des cheminées. On doit pouvoir fermer le registre lorsque le foyer n'est pas utilisé. Enfin, la cheminée doit être ramonée annuellement afin d'en garantir le bon fonctionnement et de diminuer le danger d'incendie.

4. L'entretoit

- *Y a-t-il un matériau isolant dans l'entretoit? Dans quel état est-il? En couvre-t-il bien toute la surface?*
- *La toiture est-elle étanche?*
- *Y a-t-il des traces d'humidité sur les pièces de la charpente ou dans l'isolant?*

Il faut vérifier la présence d'un isolant dans l'entretoit ou dans les combles, son type, son état (comprimé ou tassé, humide...)

et la qualité de son installation. Comme l'infiltration d'eau réduit l'efficacité de l'isolant, il est important d'examiner soigneusement l'entretoit pour y déceler toute trace d'humidité. Il faut en outre vérifier l'étanchéité non seulement des événements, des lucarnes et des joints autour de la cheminée, mais aussi de la trappe d'accès à l'entretoit.

5. Le sous-sol

- *Y a-t-il des traces d'eau ou d'humidité sur les murs de fondation ou sur les solives du plancher du rez-de-chaussée?*
- *Le sous-sol ou le vide sanitaire est-il bien ventilé?*
- *Y a-t-il un revêtement sur le sol? Le sol est-il humide?*

Finalement, on inspecte le sous-sol afin de déceler toute trace d'humidité sur les poutres ou les murs de fondation. Il faut aussi vérifier s'il y a infiltration d'eau par les murs de fondation ou par le sol. Selon le cas, on vérifie le type et l'état de conservation de l'isolant existant. De plus, il est important de s'assurer que le système de chauffage fonctionne bien et que les soupiraux produisent une bonne ventilation naturelle. En ce qui concerne les ouvertures (portes ou fenêtres) pratiquées dans les murs de fondation, il faut s'assurer qu'elles sont en bon état, bien calfeutrées et munies de coupe-froid.

La toiture

Isolation de l'entretoit

L'entretoit constitue un espace tampon entre la toiture et les pièces chauffées du bâtiment. Il est important de bien isoler le plancher de l'entretoit. Il faut également que la couverture soit bien étanche afin de protéger adéquatement l'entretoit des infiltrations d'eau.

L'isolant

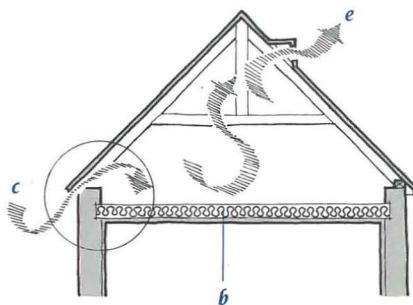
On choisit un isolant, par exemple une laine minérale ou une laine de verre, en vrac ou en nattes (matelas), qu'on pose directement sur le dessus du plafond des pièces chauffées, entre les solives du plancher de l'entretoit.

Le pare-vapeur

Avant d'installer l'isolant, il est nécessaire de poser une membrane pare-vapeur du « côté chaud » de l'isolant, c'est-à-dire du côté d'où vient la chaleur. De cette manière on peut empêcher l'air chaud et humide de s'accumuler dans l'entretoit et de se condenser. Toutefois, il faut prendre soin de découper le pare-vapeur pour qu'il puisse être inséré entre les solives. Autrement, l'humidité se trouvera emprisonnée entre les solives et le pare-vapeur, ce qui à long terme fera pourrir le bois.

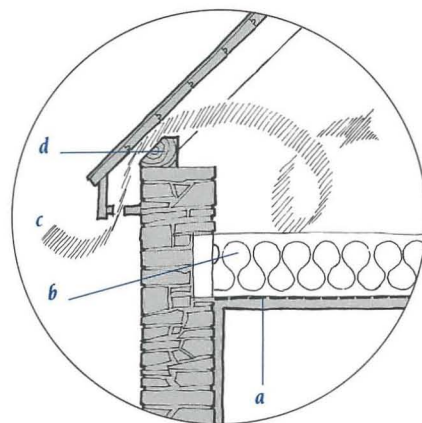
La ventilation

Quand on ajoute un isolant dans l'entretoit, il faut prévoir une circulation d'air frais suffisante pour évacuer l'humidité qui pourrait s'y accumuler. En général, la pose



Isolation de l'entretoit

- a) Pare-vapeur
- b) Isolant posé entre les solives de plancher
- c) Ventilation par le soffite
- d) Pièce de bois entaillée pour permettre la circulation d'air
- e) Ventilation par une lucarne en chatière

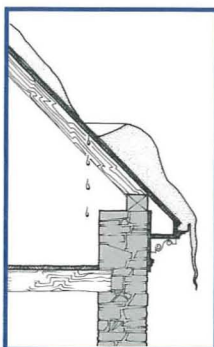


d'évents sous l'avant-toit, dans le soffite, suffit à ventiler l'entretoit par convection naturelle de l'air. Il existe d'autres types d'évents pour les toits à deux versants, comme les événements de murs-pignons, les événements de faîtes, les lucarnes en chatière et les clochetons à claire-voie. En ce qui concerne les toits à bassin (dit « plats »), on utilise généralement des événements en col-de-cygne. Les événements ne doivent jamais laisser l'eau ou la neige pénétrer dans l'entretoit et doivent toujours être munis d'un grillage pour empêcher les feuilles, les insectes et les animaux de s'y introduire.

Digues de glace sur l'avant-toit

Une digue de glace peut se former le long de l'avant-toit lorsqu'il est plus froid que la toiture. L'effet conjugué de la chaleur du soleil et de l'isolation insuffisante de l'entretroit peut provoquer le réchauffement de la partie supérieure de la toiture, ce qui entraîne la fonte de la neige et le ruissellement de l'eau vers la partie froide de l'avant-toit où se forme alors un barrage de glace. L'eau de fonte peut s'y accumuler et s'infiltrer sous la couverture, occasionnant ainsi des dégâts au bâtiment qui peuvent être parfois très importants.

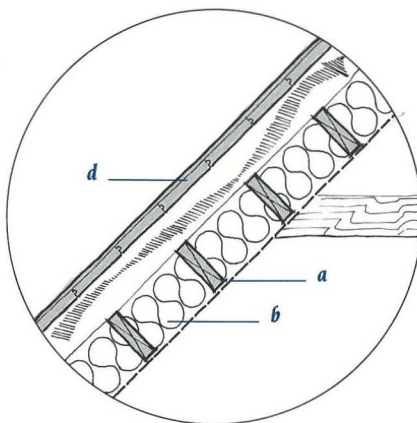
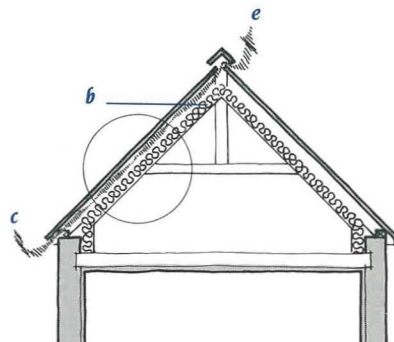
Seules l'isolation de l'entretroit et sa ventilation peuvent empêcher la formation de digues de glace en bordure de l'avant-toit. En effet, une isolation et une ventilation adéquates de l'entretroit vont garder toute la toiture froide. Il faut toutefois prendre soin d'installer correctement l'isolant aux intersections des murs et des plafonds afin d'éviter toute fuite d'air chaud vers l'avant-toit. Il faut également faire en sorte que l'isolant n'obstrue pas les événements et les espaces qui ont été dégagés pour assurer le passage de l'air frais nécessaire à la ventilation de l'entretroit. Pour plus de détails à ce sujet, on peut consulter le guide technique n° 1 qui traite des toitures en pente.



La formation d'une digue de glace sur l'avant-toit indique que l'isolation et la ventilation de l'entretroit sont insuffisantes.

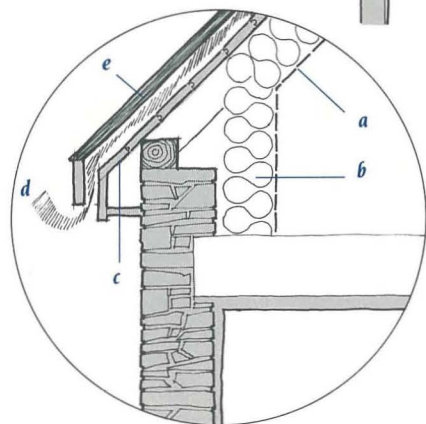
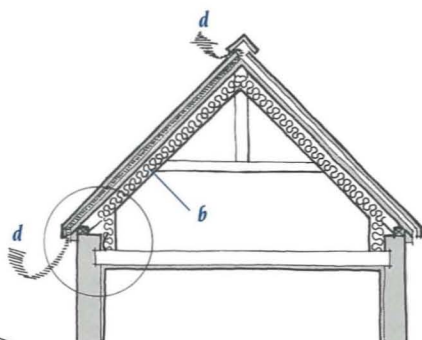
Isolation du grenier

Un grenier est un entretroit dont la hauteur est suffisante pour qu'on puisse y circuler et l'utiliser comme espace de rangement. Or, contrairement à l'entretroit, la présence d'un plancher ne permet pas l'installation d'un matériau isolant entre les solives du plafond de l'étage inférieur. Il faut alors poser l'isolant entre les membrures du toit, contre la face interne du pontage de la couverture.



Isolation du grenier

- a) Pare-vapeur
- b) Isolant posé entre les membrures du toit
- c) Ventilation par le soffite
- d) Pontage de la toiture
- e) Ventilation par le faite de la toiture



Isolation du grenier avec réfection de la couverture et du pontage

- a) Pare-vapeur
- b) Isolant
- c) Ancien pontage
- d) Ventilation
- e) Nouveau pontage

L'isolant et le pare-vapeur

On utilise d'abord un isolant fait de laine minérale ou de laine de verre en nattes (matelas), qui se pose relativement facilement entre les membrures. Le pare-vapeur est ensuite installé directement contre la face intérieure de l'isolant, du côté d'où vient la chaleur. On agrafe les feuilles de pare-vapeur sur les chevrons ou les arbalétriers en prenant soin de faire chevaucher les feuilles sur une distance d'au moins 25 mm (1 po). Les joints entre les feuilles sont ensuite scellés avec du ruban adhésif. Lorsqu'on désire laisser les membrures apparentes, le pare-vapeur peut être agrafé entre les chevrons ou les arbalétriers.

La ventilation

Il faut absolument dégager un espace d'environ 75 mm (3 po) de profondeur entre l'isolant et le pontage de la toiture afin de permettre à l'air d'y circuler librement et ainsi de prévenir l'accumulation d'humidité dans l'isolant. Pour maintenir un espace d'air uniforme, on installe des fourrures de bois entre l'isolant et le pontage de la couverture. En général, la ventilation de cet espace d'air est assurée par la pose d'évents dans le soffite et dans le faîte de la toiture. Lorsque le revêtement de la couverture doit être refait et qu'il faut construire un nouveau pontage, on peut libérer un espace entre l'ancien et le nouveau pontage de manière à y laisser circuler l'air frais nécessaire à la ventilation de la toiture. L'isolant peut alors être posé directement sous l'ancien pontage.

Isolation des combles habités

L'isolant et le pare-vapeur

Lorsque les combles sont habités et chauffés, on peut installer un isolant en nattes, derrière le revêtement de finition de la pièce, entre les montants des murs, de même qu'entre les chevrons ou les arbalétriers et les entrails qui supportent le plafond. Pour que cela soit possible, il faut que l'espace entre le revêtement de finition et le pontage de la toiture soit facilement accessible. Dans le cas contraire, il faut d'abord démonter le revêtement, installer l'isolant adéquatement, enfin remettre en place l'ancien revêtement ou en poser un nouveau.

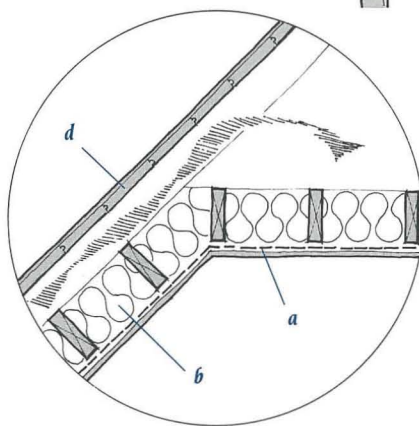
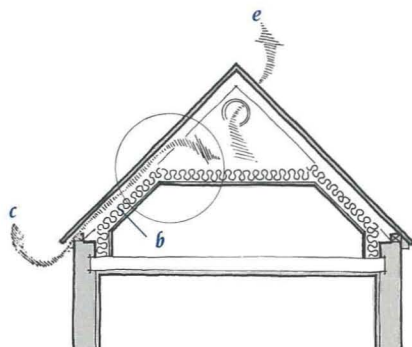
La membrane pare-vapeur est posée du « côté chaud » de l'isolant, c'est-à-dire entre le revêtement de finition et l'isolant.

La ventilation

Encore une fois, il faut bien ventiler l'ouvrage en ménageant un espace d'air d'au moins 75 mm (3 po) entre l'isolant et le pontage de la toiture, ainsi que derrière l'isolant qui a été posé dans les murs. L'installation d'évents dans le faîte du toit ou dans les murs-pignons permet habituellement une aération adéquate de l'entretoit, tandis que la ventilation entre le pontage du toit et l'isolant s'effectue par des événements posés dans le soffite, sous l'avant-toit.

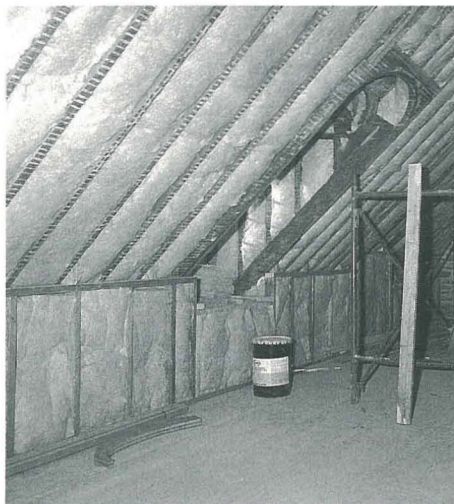
Isolation de la toiture par l'extérieur du bâtiment

Du strict point de vue de la conservation des bâtiments anciens, une intervention de ce type n'est pas recommandée, car elle se traduit inévitablement par la modification de la toiture d'origine. De plus, cette opération est coûteuse car, au-dessus de la couverture d'origine, il faut en construire une nouvelle. Puisque cette nouvelle couverture doit libérer un espace suffisant pour loger l'isolant et permettre la ventilation, il faut ajuster en conséquence le détail de construction de l'avant-toit, de la corniche, des lucarnes et relever les solins et les gouttières. Bien qu'il semble mineurs, ces ajustements peuvent fausser les proportions et altérer l'apparence d'origine d'un bâtiment ancien. Il est généralement moins coûteux et plus discret de procéder par l'intérieur, de la manière décrite précédemment.



Isolation des combles habités

- a) Pare-vapeur
- b) Isolant
- c) Ventilation par le soffite
- d) Pontage de la toiture
- e) Ventilation par un événement dans le mur-pignon



Isolation de combles habités à l'aide de laine minérale posée entre les colombages des murs, les arbalétriers et les entrails de la charpente du toit.

(Service canadien des parcs)

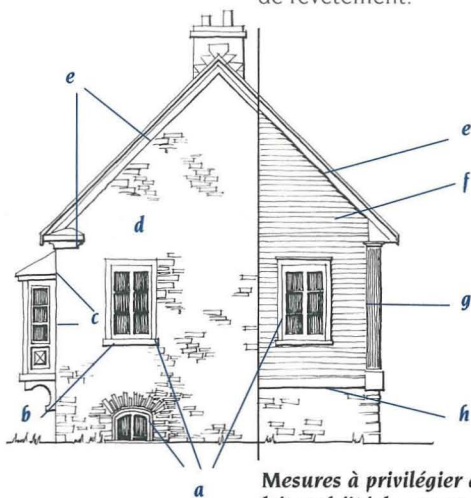
Isolation des murs: un problème majeur de conservation

L'isolation des murs d'un bâtiment ancien conduit le plus souvent à la disparition sinon à la transformation regrettable des détails architecturaux qui le caractérisent. Du point de vue de la conservation des bâtiments anciens, l'isolation des murs qui nécessite l'installation d'un nouveau revêtement, que ce soit par l'intérieur ou par l'extérieur du bâtiment, est une opération qu'il faut généralement éviter. L'installation d'un isolant qui oblige au démontage et à la remise en place des revêtements originels est une opération coûteuse qui doit être réalisée par des ouvriers spécialisés et supervisée par des professionnels. Les coûts de cette intervention et le danger qu'elle représente pour la préservation des finis d'origine trouvent rarement leur justification dans une amélioration appréciable du rendement énergétique. Il est également déconseillé d'injecter de l'isolant dans les murs des bâtiments anciens, non seulement parce qu'on ne peut garantir la qualité du travail mais surtout parce que ce type d'isolant peut poser des problèmes majeurs, comme l'emprisonnement d'humidité dans les murs et l'émanation de gaz toxiques en cas d'incendie.

L'ajout d'un isolant dans un mur peut entraîner un changement important de son comportement, particulièrement en ce qui concerne la position du point de rosée. Le point de rosée est l'endroit dans l'épaisseur d'un mur où la température atteint le point de congélation et où l'humidité contenue dans les matériaux est donc susceptible de geler. Par exemple, l'isolation d'un mur de maçonnerie par l'intérieur du bâtiment peut entraîner le déplacement du point de rosée vers la face interne de la maçonnerie, y favoriser la condensation de l'humidité et provoquer ainsi la dégradation des pierres. La recherche scientifique sur ce sujet est à peu près inexistante, de sorte qu'il peut être imprudent et très dommageable d'adopter cette solution.

Par ailleurs, les murs de maçonnerie possèdent une masse thermique importante dont on peut tirer profit. Ainsi, les murs-pignons les plus exposés aux vents et aux intempéries peuvent être protégés par l'ajout d'un revêtement. Il s'agit d'un type d'intervention qui a été traditionnellement pratiqué sur de nombreux bâtiments anciens. Il est alors facile d'installer un isolant sous ce revêtement pour maximiser l'accumulation de la chaleur dans le mur et contribuer de la sorte à garder une température plus constante à l'intérieur du bâtiment. Il faut prendre soin cependant de préserver les détails architecturaux, notamment en récupérant et en réinstallant les moulures ainsi que les chambranles des portes et des fenêtres.

Autrement, il est généralement recommandé de laisser les murs intacts et de chercher plutôt à réduire le plus possible les pertes de chaleur et les infiltrations d'air autour des portes et des fenêtres et à travers les joints de la maçonnerie ou des matériaux de revêtement.



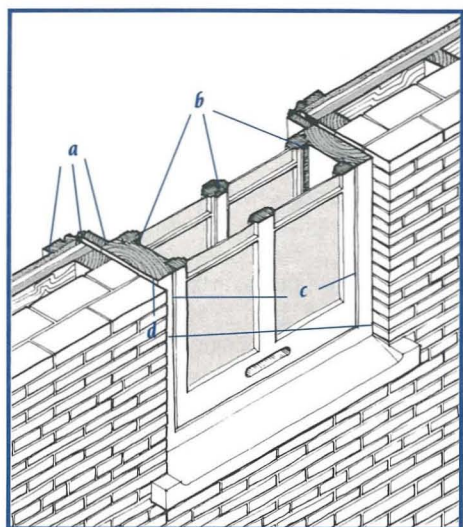
Mesures à privilégier afin d'améliorer l'étanchéité des murs

- a) **Maintenir les portes, les fenêtres et les soupiraux en bon état.**
- b) **Calfautrer les joints entre le cadre des ouvertures et la maçonnerie.**
- c) **Calfautrer les joints autour des éléments en saillie.**
- d) **Maintenir la maçonnerie en bon état; rejointoyer lorsque nécessaire.**
- e) **Calfautrer les joints entre les corniches et les murs.**
- f) **Maintenir les revêtements de bois en bon état.**
- g) **Calfautrer les joints entre les différents matériaux de revêtement.**
- h) **Calfautrer les joints entre les revêtements de bois et la maçonnerie des fondations.**

Consolidation des portes et des fenêtres

Le mauvais état des portes et des fenêtres est une des principales causes de pertes de chaleur dans un bâtiment ancien. Il faut, avant toute chose, réparer ou remplacer les parties des portes et des fenêtres qui sont endommagées, usées ou pourries. Si la détérioration d'une porte ou d'une fenêtre est trop importante, il faut la remplacer. Il est préférable de choisir une porte ou une fenêtre d'un modèle identique à l'original ou s'y apparentant. Il faut prendre soin de conserver toutes les pièces saines qui pourraient être réutilisées ou remises en place, comme les cadres et les chambranles, la quincaillerie, le verre et les éléments sculptés.

Lorsqu'une fenêtre ancienne doit être remplacée, il est parfois tentant de lui substituer une fenêtre à double vitrage scellé (thermos). Certes, il s'agit d'un produit efficace mais il faut en déconseiller l'usage par souci de conservation du caractère historique du bâtiment et de son intégrité. En effet, le gabarit et les proportions de la fenêtre, entre autres choses, s'en trouveront altérés: le cadre et le petit-bois devront être épaissis pour tenir compte du poids du verre. De toute évidence, un ensemble fenêtre et contre-fenêtre convient mieux aux bâtiments anciens et garantit un rendement énergétique équivalent, sinon supérieur, à celui des produits de la technologie contemporaine.



Comment assurer l'étanchéité d'une fenêtre

- a) Joints à calfeutrer à l'intérieur
- b) Coupe-froid à installer
- c) Joints à laisser sans calfeutrage ou coupe-froid
- d) Joints à calfeutrer à l'extérieur

Pose de calfeutrant et de coupe-froid

Il faut bien calfeutrer les joints entre le mur et le cadre des portes et des fenêtres, remplacer les carreaux cassés et le mastic détérioré et installer, autour des fenêtres et des portes, les coupe-froid appropriés. Pour obturer les joints autour des cadres de portes et de fenêtres, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur du bâtiment, on utilise un calfeutrant étanche et imperméable, le plus souvent à base de latex ou de butyle. Il est préférable de remplacer complètement l'ancien calfeutrant lorsqu'on constate qu'il est décollé, séché ou fissuré. Puis on installe des coupe-froid sur les portes et les fenêtres ou sur leur cadre, selon le cas. Les coupe-froid peuvent prendre la forme de bandes de mousse auto-collantes, de rubans de feutre, de languettes de vinyle, de caoutchouc ou même de métal (aluminium, bronze ou cuivre). Il est important de bien positionner les coupe-froid sur les fenêtres et les portes afin de prévenir la condensation et la formation

de givre sur les contre-fenêtres ou les contre-portes. D'ailleurs, il n'est pas recommandé de poser des coupe-froid sur les contre-fenêtres et les contre-portes puisque, pour chasser l'humidité qui pourrait s'y accumuler et éviter la formation de givre, l'air frais doit pouvoir circuler entre la fenêtre et la contre-fenêtre, de même qu'entre la porte et la contre-porte. Pour plus de détails à ce sujet, on peut consulter les guides techniques n^{os} 4, 5 et 11 qui traitent des fenêtres et des portes.

Pose de contre-fenêtres

L'installation de contre-fenêtres fixes ou amovibles contribue à réduire considérablement les pertes de chaleur à travers les fenêtres. En effet, la contre-fenêtre agit comme un coupe-vent. Il se crée entre elle et la fenêtre un espace d'air tempéré. En général, la contre-fenêtre est fixée au cadre de la fenêtre existante au moyen de crochets. Lorsqu'on doit remplacer une contre-fenêtre ou en ajouter une nouvelle, il faut veiller à ce que le modèle et les détails de construction de la fenêtre existante soient respectés. Il importe aussi de s'assurer que la nouvelle contre-fenêtre est percée de trous ou munie d'une trappe de ventilation pour éviter les problèmes de condensation. Comme on l'a indiqué précédemment, il n'est pas recommandé de la sceller au cadre au moyen d'un coupe-froid.

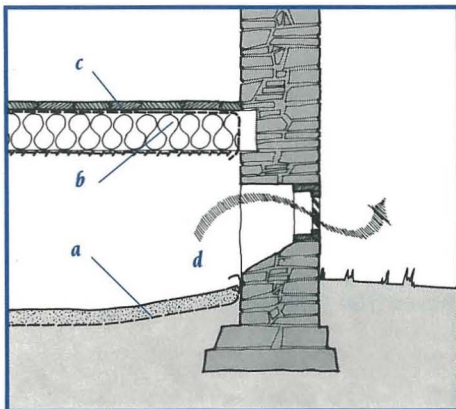
Le sous-sol

Pour améliorer le rendement énergétique d'un bâtiment ancien, il convient d'isoler le sous-sol, non seulement pour réduire les pertes de chaleur, mais aussi pour empêcher les infiltrations d'eau.

Isolation du plancher du rez-de-chaussée

L'isolant

Lorsque le bâtiment est construit au-dessus d'un vide sanitaire, c'est-à-dire lorsque le sous-sol est non chauffé, inhabitable et que la surface du sol est en terre battue, on installe l'isolant directement sous le plancher du rez-de-chaussée. Constitué d'une laine minérale ou d'une laine de verre en nattes, l'isolant est maintenu en place par un mince grillage de métal qu'on fixe aux solives du plancher à l'aide de fourrures de 25 x 50 mm (1 po x 2 po).



Isolation du plancher du rez-de-chaussée

- a) Pare-vapeur recouvert de sable
- b) Laine minérale maintenue entre les solives de plancher par un grillage métallique et des fourrures
- c) Pare-vapeur posé entre les solives du plancher
- d) Ventilation par un soupirail

On doit également isoler les tuyaux d'eau et les conduits de chauffage qui courent sous le plancher afin de prévenir les problèmes de gel, mais aussi l'accumulation d'humidité dans le vide sanitaire qui pourrait diminuer considérablement la résistance thermique de l'isolant et provoquer la dégradation de la structure du bâtiment.

Le pare-vapeur

Avant de mettre l'isolant en place, il faut poser une membrane pare-vapeur entre les solives, directement contre le plancher du rez-de-chaussée. Il faut prendre soin de tailler la membrane pare-vapeur entre chaque solive de plancher. Autrement, l'humidité se trouvera emprisonnée dans les solives et fera pourrir le bois.

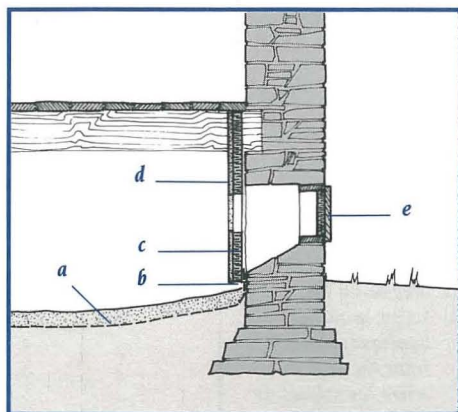
On recommande également de poser une seconde membrane pare-vapeur en polyéthylène directement sur le sol. Cette membrane doit être maintenue en place et protégée par un lit de sable de 50 mm (2 po) d'épaisseur.

La ventilation

Les murs de fondation sont généralement percés de soupiraux qui assurent la ventilation du vide sanitaire. Si ce n'est pas le cas, il faut envisager d'en installer. À moins qu'il existe un problème important d'humidité au sous-sol, on recommande de fermer hermétiquement les soupiraux en hiver afin de réduire les infiltrations d'air froid.

Mur de fondation isolé par l'intérieur du bâtiment

- a) Pare-vapeur recouvert de sable
- b) Espace entre le sol et l'isolant
- c) Isolant rigide posé contre le mur de fondation
- d) Panneau de gypse
- e) Soupirlail bouché en hiver et ouvert en été



Murs de fondation isolés par l'intérieur du bâtiment

L'isolant et le pare-vapeur

Lorsque le vide sanitaire est chauffé, on peut isoler les murs de fondation à partir du sol jusqu'au plancher du rez-de-chaussée. Il faut toutefois laisser un espace d'au moins 50 mm (2 po) entre le sol et l'isolant, sinon l'humidité risque de s'infiltrer dans l'isolant. On utilise généralement des panneaux rigides de fibre de verre ou de polystyrène qu'on pose directement contre les murs de fondation. Il est fortement recommandé de recouvrir les panneaux de polystyrène d'une feuille de placoplâtre ou d'un enduit de plâtre afin de prévenir l'émanation de gaz toxiques en cas d'incendie.

L'utilisation d'un isolant en nattes est également possible; dans ce cas, il faut d'abord imperméabiliser les murs à l'aide d'un enduit hydrofuge. On doit aussi prévoir l'installation de fourrures de bois de 50 x 100 mm (2 x 4 po) afin de maintenir les nattes en place. Enfin, il faut recouvrir l'isolant d'une membrane pare-vapeur, dont on fait chevaucher les joints qui doivent être scellés à l'aide d'un calfeutrant ou d'un ruban adhésif. Encore une fois, il est recommandé

de poser une seconde membrane pare-vapeur directement sur le sol et de la recouvrir de sable ou de béton. La membrane doit remonter légèrement le long des murs et être scellée à celle qui recouvre l'isolant.

La ventilation

Lorsque les murs de fondation sont isolés, il faut bien ventiler le sous-sol, surtout en été lorsqu'il est humide. Durant l'hiver, les soupirlaux sont fermés et scellés hermétiquement pour conserver la chaleur et réduire les infiltrations d'air froid. Lorsque le sous-sol est percé de portes et de fenêtres, il faut également calfeutrer les joints autour des cadres, installer des contre-fenêtres et poser des coupe-froid.

Inconvénients de l'isolation par l'intérieur du bâtiment

Comme dans le cas des murs de maçonnerie dont il a été question précédemment, l'isolation des murs de fondation par l'intérieur du bâtiment comporte certains inconvénients. Les murs n'étant plus chauffés, ils sont soumis aux effets du gel et du dégel. À plus ou moins long terme, cette situation peut provoquer la dégradation de la maçonnerie. Il est néanmoins possible de les isoler par l'intérieur en autant que le mortier des joints soit en bon état. On recommande également d'imperméabiliser la surface extérieure du mur avec un enduit hydrofuge et, par la même occasion, de s'assurer que le système de drainage installé à la base de la fondation est en bon état.

Murs de fondation isolés par l'extérieur du bâtiment

L'isolant et le pare-vapeur

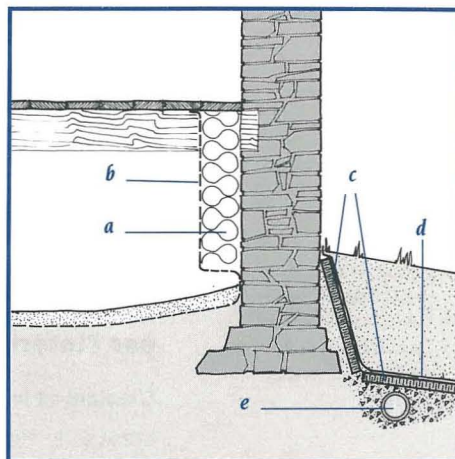
Il est possible d'isoler les murs de fondation par l'extérieur du bâtiment et ainsi de les protéger des effets du gel et du dégel. On installe alors l'isolant directement dans le sol. Il faut utiliser un isolant en panneaux rigides de polystyrène qui résiste à l'humidité et à la pression du sol. La surface des murs de fondation enfouis dans le sol doit d'abord être recouverte d'un crépi. Les panneaux isolants sont ensuite déposés sur un lit de pierre concassée, aménagé légèrement en pente à partir du mur de la fondation et situé à environ 450 à 600 mm (18 à 24 po) de profondeur sous le niveau du sol fini. D'autres panneaux sont posés immédiatement contre la partie supérieure des murs. On recouvre ensuite l'isolant d'une membrane imperméable qui assure l'écoulement de l'eau et l'éloigne des murs. Enfin, on remblait le tout en prenant soin d'aménager le terrain en pente légère, afin d'éloigner l'eau de surface des murs du bâtiment. En général, on profite des excavations nécessaires à l'isolation des murs pour remettre en état le système de drainage installé à la base de la fondation.

Inconvénients de l'isolation par l'extérieur du bâtiment

L'isolation des murs de fondation par l'extérieur du bâtiment comporte un inconvénient majeur: en effet, cette opération modifie l'aspect visuel de la partie hors terre de la fondation puisque l'isolant posé à cet

Mur de fondation isolé par l'extérieur du bâtiment sous le niveau du sol et par l'intérieur au-dessus du niveau du sol

- a) *Laine minérale appliquée dans le haut du mur et entre les solives de plancher*
- b) *Pare-vapeur*
- c) *Isolant rigide incliné déposé sur un lit de pierre concassée*
- d) *Membrane imperméable*
- e) *Drain*



endroit doit être recouvert d'un matériau capable de le protéger des chocs et des mouvements du sol. Habituellement, l'isolant est protégé par un crépi qu'on applique sur un treillis en métal galvanisé. Lorsqu'on tient à préserver l'intégrité architecturale d'un bâtiment ancien, l'isolation des murs de fondation par l'extérieur apparaît donc comme une solution pour le moins discutable.

En limitant l'application de panneaux isolants à la partie des murs de fondation qui est enfouie dans le sol, on améliore sensiblement le rendement énergétique et on assure surtout la conservation intégrale de l'extérieur du bâtiment. Dans le cas où les murs de fondation sont beaucoup plus hauts que le sol extérieur, on peut isoler la partie hors terre du côté intérieur de la manière décrite précédemment et la partie des murs sous le niveau du sol peut être isolée du côté extérieur.

Conclusion et bibliographie

6^e guide a été préparé dans le but de mieux faire connaître les principes qui doivent guider les projets d'isolation des bâtiments anciens. Il propose une stratégie de conservation énergétique et architecturale fondée sur l'application de mesures d'isolation qui sont faciles à réaliser, mais qui tiennent compte des principes de conservation et de mise en valeur des bâtiments anciens. Il livre un ensemble de recommandations et de conseils pratiques pour améliorer le rendement thermique des diverses composantes de l'enveloppe d'un bâtiment, de la cave au grenier.

Pour obtenir plus de détails sur les techniques d'isolation des bâtiments et sur les matériaux isolants, le lecteur pourra consulter les ouvrages suivants:

- AUGER, Jules, CHARLAND, Liette, LAVALLÉE, Johanne, PARADIS, Robert. *Ce qu'il faut savoir pour rénover une maison*, Montréal, Libre Expression, 1979.
- BLOUIN, Marc, DESLAURIERS, Hélène, DUFRESNE, Michel, WEAVER, Martin et VARIN, François. *Entretien et Restauration: de la fondation à la toiture*, Québec, Conseil des monuments et sites du Québec, 1985.
- KALMAN, Harold. *Pour une réflexion sensée des vieilles maisons*, Ottawa, Société canadienne d'hypothèques et de logement, 1980.
- LESSARD, Michel et VILANDRÉ, Gilles. *La maison traditionnelle au Québec*, Montréal, Les Éditions de l'Homme, 1974.
- NATIONAL TRUST FOR HISTORIC PRESERVATION. *New Energy from Old Buildings*, Washington, D.C., The Preservation Press, 1981.

Dans la même collection:

- N° 1 Les toitures en pente
- N° 2 Les couvertures en «tôle à la canadienne»
- N° 3 Les couvertures en «tôle à baguettes»
- N° 4 Les fenêtres à battants
- N° 5 Les fenêtres à quillotine
- N° 6 La maçonnerie de pierre
- N° 7 La maçonnerie de brique
- N° 8 Les crépis et les enduits
- N° 9 Les revêtements de bois
- N° 10 Les fondations
- N° 11 Les portes et les portes cochères
- N° 12 Les foyers et les portes cochères
- N° 13 Les plâtres intérieurs
- N° 14 Les planchers, les escaliers et les boiseries intérieures
- N° 15 L'isolation

L'isolation

- ❖ *Comment les bâtiments anciens sont-ils isolés?*
- ❖ *Comment identifier et analyser les problèmes de pertes de chaleur dans une maison historique?*
- ❖ *Est-il préférable de ne pas isoler les murs massifs en maçonnerie?*
- ❖ *Quelles sont les interventions à privilégier pour améliorer le rendement énergétique d'un bâtiment ancien sans en altérer le caractère architectural?*

Voilà autant de questions auxquelles ce guide simple et abondamment illustré vient répondre.

Bon travail!

Production: Service de l'urbanisme
en collaboration
avec le Service
des communications

Réalisation: Division du Vieux-Québec
et du patrimoine

Direction générale: Michel Bonnette

**Coordination
de l'édition:** Henriette Thériault

**Coordination
de la production:** Les architectes
Bouchard, Frigon,
Lafond et associé(e)s

**Recherche
et rédaction:** Roger Chouinard
Odile Roy

Illustration: Michel Bergeron

Correction linguistique: Ghislaine Fiset

**Conception
et réalisation graphique:** Norman Dupuis

**Photographie
de la page couverture:** Claudel Huot

**Collaboration
technique:** Jacques Madore

Cette publication de la Ville de Québec a été réalisée grâce à la participation du ministère des Affaires culturelles du Québec dans le cadre de l'Entente sur la mise en valeur des biens culturels de la Ville de Québec.